

# 導入遺伝子のサイレンシングを回避する方法

## 発明の背景

### 1. 発明の属する技術分野

#### 【0001】

本発明は、導入遺伝子と共に、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを導入することを特徴とする、導入遺伝子のサイレンシングを回避する方法に関する。更に本発明は、導入遺伝子のサイレンシングを回避するために、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該導入遺伝子と共に導入することを特徴とする、遺伝子の導入方法に関する。更に本発明は、ベクターのサイレンシングを回避するために、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該ベクターに導入することを特徴とする、ベクターの作製方法に関する。

### 2. 従来技術

#### 【0002】

遺伝子治療は遺伝子を導入することによって病気を治すという治療方法であって、将来の医療技術として注目を集めている。遺伝子治療の技術によれば、例えばある遺伝子の異常によってその遺伝子の機能が損なわれるために疾患が生じている場合において、患者に正常な遺伝子を導入することにより、その疾患を治療することが可能であると考えられる。遺伝子治療の方法の一つとして、患者の細胞を採取して体外で目的の遺伝子を導入した後、再移植する手法（ex vivo 法）がある。この方法を用いてアデノシン・デアミナーヌ欠損症の遺伝子治療が行われて社会的にも大きな注目を集めた。遺伝子治療のもう一つの方法は遺伝子直接導入法（in vivo 法）であり、例えば HIV（ヒト免疫不全ウイルス）の殻蛋白質（env）と gag 遺伝子の一部を組み込んだベクターを HIV 感染者に投与することなどが試みられている。

#### 【0003】

ところで、遺伝子治療の実用化において最も鍵となる技術は遺伝子の導入方法である。遺伝子を導入するための手段は、ウイルスベクターを用いたものと非ウイルスベクターを用いたものに大別することができる。ウイルスベクターを用いた方法はウイルスの感染性を利用したもので、導入効率という

点で優れているために、実際の遺伝子治療ではウイルスベクターがより多く用いられている。なお、ウイルスベクターにはいくつかの種類があって必要に応じて使い分けられている。現在使用されているウイルスベクターの例として、具体的には、レトロウイルスベクター、アデノウイルスベクター、アデノ随伴ウイルスベクター、単純ヘルペスウイルスベクターやレンチウイルスベクターなどを挙げることができる。

#### 【0004】

レトロウイルスのゲノム DNA は宿主染色体に組み込まれるために、組み込まれた DNA は安定して次世代へ伝えられる。よって、レトロウイルスベクターは遺伝子を運ぶ運搬体として信頼性が高く、レトロウイルスベクターを用いた遺伝子導入系は疾患の永続的な治療法を与える可能性がある。なお、代表的なレトロウイルスベクターにはマウス白血病ウイルスのような単純レトロウイルスがある。また、アデノウイルスベクターは、DNA ウイルスであるアデノウイルスに由来するベクターであり、これまでの遺伝子治療で2番目に汎用されている遺伝子導入系である。アデノウイルスベクターは、受容体を介したエンドサイトーシスによって細胞に侵入するために導入効率が高く、かなり大きな遺伝子を導入できるという利点も有する。また、HIV はレンチウイルスに含まれるが、レンチウイルスはマクロファージやリンパ球が感染する複雑なレトロウイルスである。レンチウイルスは上記のレトロウイルスとは異なって、神経細胞、筋肉細胞、幹細胞等の非分裂細胞に導入することができるという利点を有する。また、レンチウイルスは発現がレトロウイルスより安定しているという特徴を有し、遺伝子疾患の長期にわたる治療において使用するのに適していると考えられている。

#### 【0005】

一方非ウイルスベクターによる方法は感染の危険がないために、安全性という点でウイルスベクターより優れている。ウイルスベクターにおいては、典型的にはウイルスの複製に必要とされるいくつかの遺伝子を欠損させて、その場所に治療のための遺伝子を挿入する。そのために、投与されるウイルスベクターは感染性を失っているが、内因性のレトロウイルスと組み換えを起こした結果として、ウイルスが増殖能を取り戻す可能性を否定することはできない。よって、ウイルスベクターを用いない導入方法が検討されており、

そのような試みの例としては、リボソームを用いた方法、粒子照射による直接注入や受容体を介したエンドサイトーシスを用いた方法などを挙げることができるが、まだ実用の段階には至っていない。

#### 【0006】

ところで、ウイルスベクターを用いた遺伝子治療において導入された遺伝子の発現効率に関与する因子としては、発現効率が宿主内における導入された位置に関係するポジション効果や、後生的 (epigenetic) 変化によって発現効率が低下するといういわゆるサイレンシングなどが挙げられる。サイレンシングの現象のために、宿主体内に治療の目的で遺伝子を導入しても長期的には遺伝子の発現が抑制されてしまう。遺伝的な疾患については生涯にわたっての治療が必要であることを考えると、上記のサイレンシングは遺伝子治療の大きな障害となっていた。この遺伝子サイレンシングが起こる機構はまだ解明されていないが、DNA のメチル化やヒストン修飾のような現象が関係している可能性が示唆されている。

#### 【0007】

ところで近年、異なった制御を受ける遺伝子の間の仕切りとして働く DNA 配列である、クロマチンインスレーターの存在が明らかとなってきた。種々のインスレーターがショウジョウバエや、ニワトリ、マウス、ヒトなどの脊椎動物において見出されているが、これらのインスレーターには共通した2つの作用があると言われている。その一つはエンハンサーとプロモーター間に置かれた際に、エンハンサーの作用を阻害する活性である。なお、エンハンサーとはプロモーターの転写活性を強める働きを有する特異的な配列であるが、インスレーターはその様なエンハンサーの機能を遮断すると言われている。

#### 【0008】

もう一つのインスレーターの働きはポジション効果を抑制する効果である。ポジション効果とは、その遺伝子が導入された染色体上の位置によって転写効率が変化するという現象であるが、そのポジション効果の原因となっている周囲の転写環境の影響をインスレーターは抑制する。上記の理由により一対のインスレーターによって挟まれた領域は宿主の染色体の環境から単離されることになり、それによって導入された遺伝子はポジション効果から防御

され、その遺伝子が発現する際の独立性を保証するといわれている。よって、これまで述べてきたインスレーターの特性を考えると、ウイルスベクターにインスレーターを導入することにより、効率的かつ安定な遺伝子発現を達成できる可能性がある。

#### 【0009】

これまでに最も検討がなされてきた脊椎動物のインスレーターは、ニワトリ $\beta$ グロビン遺伝子座の制御部位から得られた cHS4 インスレーターである。モロニーマウス白血病ウイルス (moloney-murine leukemia virus : MoMLV) に由来するレトロウイルスベクターに導入されると、cHS4 インスレーターは、導入した遺伝子をポジション効果から保護するという知見が Rivella らにより報告されている (非特許文献 1)。しかし、遺伝子を送達するウイルスベクターとしての実用性を考えると、cHS4 インスレーターが活性を有する細胞の型は限られるという欠点があった。よってウイルスベクターの有効性を高めるための新たな手段が、更に必要とされていた。

#### 【0010】

そこで、ウイルスベクターの発現を安定化させるための新たな方法を提供することが本発明の課題である。

#### 発明の簡単な説明

#### 【0011】

そこで本発明者らは、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターに注目して検討を行った。ウニアリルスルファターゼの遺伝子座から得られた 575 遺伝子対の断片は、インスレーターとしての典型的な特徴を示し、エンハンサー／プロモーター間の相互作用を遮断してポジション効果を防ぐ作用を有する。また、ウニアリルスルファターゼインスレーター (Ars insulator : ArsI) は種を超えて種々の型の細胞において働くことが知られているために、ヒトの組織においても一般的なインスレーターとして機能することが予想される。ArsI の塩基配列を配列表の配列番号 1 に示す。

#### 【0012】

これまでの検討において、ArsI はエンハンサー機能を遮断することやポジション効果を抑制することは知られていたが、サイレンシングを抑制できるかについては知られていなかった。言い換えると、ウニアリルスルファター

ゼ由来のインスレーターの存在は知られていたが、ArsI の抗サイレンシング活性については不明であったために、遺伝子治療において有用であるかどうかは判らなかった。そこで本発明者は、ヒト白血病由来の HL-60 細胞などにおいて ArsI がサイレンシングを防ぐ活性を有しているかについて検討を行った、その結果、ArsI はサイレンシングを防ぐことができるという知見が得られ、ArsI が遺伝子治療においてウイルスベクターの発現を安定化させるのに有効であることが示唆された。また、ArsI は作製できるウイルス量を減らすということもないことを考えると、遺伝子治療における ArsI の有用性は高い。更に現在発生工学の分野で胚性幹細胞 (embryo stem cell : ES 細胞) が注目されているが、その ES 細胞にも効果があるインスレーターは ArsI のみである。

#### 【0013】

よって本発明は、導入遺伝子と共に、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを導入することを特徴とする、導入遺伝子のサイレンシングを回避する方法を提供するものである。更に本発明は、導入遺伝子のサイレンシングを回避するために、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該導入遺伝子と共に導入することを特徴とする、遺伝子の導入方法を提供するものである。更に本発明は、ベクターのサイレンシングを回避するために、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該ベクターに導入することを特徴とする、ベクターの作製方法を提供するものである。

本発明のこれら及び他の利点は、詳細な説明および図面を読むことによって明らかとなるであろう。

#### 図面の簡単な説明

#### 【0014】

図1は、ArsI を含むウイルスベクターの構造を示した模式図である。

図2は、導入された ArsI の PCR による検出を示した写真である。

図3は、ArsI を含むレンチウイルスベクターを導入した HL-60 細胞における EGFP 発現を示した FACS 解析のヒストグラムである。

図4は、ArsI を含むレンチウイルスベクターを導入した HL-60 細胞における抗サイレンシング活性の経時変化を EGFP 発現%で示したグラフである。

図5は、ArsI を含むレンチウイルスベクターを導入した HL-60 細胞にお

る抗サイレンシング活性の経時変化を平均蛍光強度で示したグラフである。

図6は、ArsI 又は cHS4 を含む MoMLV ベクターを導入した HL-60 細胞における EGFP 発現を示した FACS 解析のヒストグラムである。

図7は、ArsI 又は cHS4 を含む MoMLV ベクターを導入した HL-60 細胞における抗サイレンシング活性の経時変化を EGFP 発現%で示したグラフである。

図8は、形質転換した HL-60 細胞のクローン解析を行ったグラフである。

#### 発明の詳細な説明

##### 【0015】

下記の実施例において本発明者らは、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーター (ArsI) が、レンチウイルスベクターにおいてサイレンシングとポジション効果に及ぼす影響を検討した。その検討のために、ArsI を 3' -U3 領域に、センス方向とアンチセンス方向に有するレンチウイルスベクター (それぞれ、HR/A+, HR/A-) をそれぞれ構築した。更にコントロールベクター (HR/cHG) も構築した。レポーター遺伝子としては、ハイグロマイシン耐性遺伝子と促進緑色蛍光蛋白質 (Enhanced green fluorescence protein : EGFP) との融合遺伝子 (HygEGFP) を使用した。

##### 【0016】

HL-60 細胞を用いて ArsI がサイレンシングに及ぼす影響を検討したところ、HR/cHG (コントロールベクター) と HR/A+ (センス方向ベクター) においては EGFP の発現は経時的に低下したが、一方、HR/A- (アンチセンス方向ベクター) においては EGFP の発現は試験期間を通じて維持されていた。よって ArsI の抗サイレンシング効果はアンチセンス方向の場合にのみ認められ、よって方向依存性を有していた。更に ArsI をセンス方向及びアンチセンス方向に有するレトロウイルスベクター (モロニーマウス白血病ウイルスベクター) においても、ArsI がサイレンシングに及ぼす影響を検討した。その結果、レンチウイルスベクターの場合と同様にアンチセンス方向特異的に抗サイレンシング効果が認められた。

##### 【0017】

ArsI のポジション効果に対する影響を検討するために、EGFP の発現レベルのバラツキを検討したところ、HR/cHG (コントロールベクター) においては発現レベルにバラツキがあり、変動係数 (CV) は 39.8 であった。一方 HR/A+ (セ

ンス方向ベクター) と HR/A- (アンチセンス方向ベクター) ではクローン間の発現差は小さく、CV 値はそれぞれ 8.3 及び 23.3 であった。この結果は、ArsI のポジション効果抑制には方向依存性がないことを示している。この知見から、ArsI の抗サイレンシング効果とポジション効果の抑制には直接的な関係はないものと考えられる。長期的なサイレンシングはポジション効果から保護された結果であるという説もあったが、この結果から、両者の現象に関与するメカニズムは異なっていると考えられる。

#### 【0018】

これまで ArsI のポジション効果抑制作用やエンハンサー機能遮断作用は知られていたが、抗サイレンシング効果は知られていなかった。よって本発明は、ArsI が優れた抗サイレンシング効果を有することを初めて見出したものである。その抗サイレンシング効果のために、ArsI をアンチセンス方向に組み込んだウイルスベクターを用いると、サイレンシングによって導入遺伝子の発現効率が低下することを防ぐことができると考えられる。また ArsI はウイルス産生を減少させることもなかった。よって ArsI を導入したウイルスベクターの効果は長期に渡って安定であって遺伝子治療に適した特性を有している。

#### 【0019】

本発明を実施するにあたり、導入しようとする外来遺伝子の 5' 上流にプロモーターを配置した遺伝子カセットを作製する。外来遺伝子の発現効率は一般的には高くないので、その外来遺伝子の発現量を増加させる目的で、プロモーター・エンハンサーを外来遺伝子の上流領域に配置する。そのために例えばサイトメガロウイルス(CMV)プロモーターを使用することができるが、それに限定されるものではなく、本技術分野で通常使用されている種々のプロモーターを適宜使用することができる。そして好ましい態様においては、その遺伝子カセットを挟むようにして、5' 上流と 3' 下流に ArsI をアンチセンスの方向で導入する。しかし、本発明はその態様に限定されるものではなく、ArsI が抗サイレンシング効果を有する限り、ArsI を 5' 上流と 3' 下流にセンスの方向で導入する態様や、5' 上流又は 3' 下流の片方にのみ ArsI を導入する態様も本発明の範囲内である。

#### 【0020】

なお、本発明において導入する外来遺伝子の範囲は特に限定されるものではなく、目的に応じて最も適切な遺伝子を選択する。本発明の好適な態様の一例として、ある特定の遺伝子の発現が欠損することによって疾患が生じる場合に、ArsIを含むウイルスベクターを用いてその欠損遺伝子を患者に導入することにより、疾患の根本的な治療を行うことができる。その場合には、導入する外来遺伝子として、上記の疾患の原因となっている遺伝子を選択することになるであろう。

#### 【0021】

そしてArsIを含むウイルスベクターを用いて、生体、生体の器官又は生体に由来する細胞に遺伝子を導入することができる。ここで生体とは任意の動物又は植物であって、特に限定されるものではない。そして、生体自身に目的とする遺伝子を導入する態様のみならず、その生体の器官やその生体に由来する細胞などを採取して、それらに目的とする遺伝子を導入するという態様も本発明の範囲内である。例えば、生体に由来する血球細胞などを採取し、ArsIを含むウイルスベクターにより外来遺伝子をその血球細胞に導入し、遺伝子治療の目的で提供するという方法も本発明の範囲内に含まれるものである。更に各組織又は各臓器から幹細胞を採取し、ArsIを含むウイルスベクターにより外来遺伝子を導入することで、安定的に導入遺伝子を発現する細胞を構築することができる。具体的には、血液幹細胞のみならず、神経幹細胞、肝臓幹細胞などにおいて、ArsIを含むウイルスベクターを用いて遺伝子導入を行うことができる。

#### 実施例

#### 【0022】

(インスレーターを含むレンチウイルスベクターの作製)

2つのインスレーターによって挟まれた導入遺伝子はポジション効果とサイレンシングから保護されることが、過去の研究によって示されている。そこで、プロモーター／レポーターカセットをインスレーターで挟み込むために、3'-U3領域のEcoRV-EcoRV断片をインスレーターで置き換えることによって、インスレーター断片をレンチウイルスベクター(pHR')に導入した(図1)。



#### 【0023】

なお図1Aはレンチウイルスベクターの模式図である。図1の最上段はコントロールベクターである pHR/cHG の図である。pHR/cHG はサイトメガウイルス前初期プロモーターによって駆動される HygEGFP レポーターを含んでおり、3' -U3 領域において 79 塩基が欠損している(▽)。中段と下段は、pHR/cHG の 3' -U3 領域に ArsI を含んでいるベクターである。pHR/A+においては ArsI を本来の遺伝子座のセンス方向で有しており、一方、pHR/A-はアンチセンス方向で有している。点線は挿入後に 5' -U3 領域へコピーされた ArsI を示す。矢印はインスレーターの挿入部位を示す。また、pHR/H+と pHR/H-は、pHR/A と同様にして作製した cHS4 インスレーターを含むベクターであって、cHS4 インスレーターをそれぞれセンスとアンチセンスの方向で有している。

#### 【0024】

この戦略により、挿入された ArsI は逆転写の間に 5' -long terminal repeat (LTR) にコピーされ、それにより 5' と 3' -U3 領域内の ArsI は、レポーターカセット全体を挟むことになる。ここでのレポーターカセットは、サイトメガウイルス (CMV) プロモーターとその制御下にある HygEGFP からなるものである。ポリメラーゼ鎖伸長反応 (PCR) による 5' -LTR の増幅により、予想どおりに、ArsI はうまく 5' -U3 領域にコピーされていることが示された (図2)。図2において、3' -U3 領域中に導入された ArsI は、逆転写の間に 5' -U3 領域にコピーされた。レンチウイルスを導入した HL-60 細胞由来のプロウイルスの配列を、5' -LTR に特異的なプライマーを用いて増幅した。インスレーターなしにおける予期される LTR の大きさはおよそ 0.7kb であり、一方、無傷の ArsI のサイズは 1.3kb であった。

#### 【0025】

HR/A+と HR/A-のベクタータイターはコントロールベクターHR/cHG と類似であり、それは、ArsI はレンチウイルスベクターのパッケージングとトランスダクションに干渉しないことを示している (表1)。cHS4 インスレーターを LTR の U3 領域へ挿入するとウイルスの産生が減少し、5' -LTR 中の cHS4 配列はプロウイルス中で部分的に除去された (図2)。そこで、HIV 型のベクターのコンテキスト中で cHS4 インスレーターの能力を試験することはできなかった。

【0026】

【表1】

ベクター	タイター (TU/mL)
HR/cHG	$1.5 \times 10^5$
HR/A+	$1.1 \times 10^5$
HR/A-	$1.1 \times 10^5$
HR/H+	$3.9 \times 10^4$
HR/H-	$6.6 \times 10^4$

【0027】

(レンチウイルスベクターのサイレンシングへの *ArsI* の作用)

サイレンシング保護のアッセイのために、HL-60 細胞にレンチウイルスベクターを導入した。HR/cHG, HR/A+又はHR/A-のレンチウイルスベクターによって細胞を形質転換し、ハイグロマイシン耐性細胞を選択した。促進緑色蛍光蛋白質 (Enhanced green fluorescence protein : EGFP) の発現についてほとんど全ての細胞がポジティブであることを確認した後、そのような細胞を選択してハイグロマイシン存在下で更に2週間培養し、形質転換していない細胞を除いた。その後に細胞をハイグロマイシン非存在下で培養し、EGFPの発現について定期的に試験したところ、HL-60 細胞について長期サイレンシングが観察された。

【0028】

EGFP の発現の蛍光発色セルソーター (fluorescence activated cell sorter : FACS) 解析を行ったヒストグラムを図3に示す。ハイグロマイシン耐性の形質転換した HL-60 細胞を4週間選択し、ハイグロマイシンなしで培養した。ヒストグラムは、ハイグロマイシンを除去して27週目のデータを図3に示す。なお、図3において、線aは遺伝子導入なし、線bはハイグロマイシン選択下で培養した細胞、黒塗りのヒストグラムcはハイグロマイシンなしで培養された細胞を示す。ハイグロマイシン除去後における一連のEGFP発現の変化を、EGFP 陽性細胞のパーセンテージ (図4) と、平均蛍光強度 (図5) により示す。

### 【0029】

HL-60 細胞において、HR/cHG (黒丸) と HR/A+ (白三角) 由来の EGFP の発現は、ハイグロマイシンを除去してすぐに減少しはじめ、EGFP 陽性細胞の割合と平均蛍光強度 (MF1) は、ハイグロマイシンで選抜した対応物のおよそ 30% まで減少した (図 4、図 5)。しかし、HR/A- (黒四角) 由来の EGFP の発現はアッセイ期間中にわたって維持された (図 4、図 5)。ArsI がこのような方向特異的な活性を有していることは、アンチセンス方向のみがウニにおいてエンハンサーとプロモーターの相互作用を阻害し、HeLa 細胞において導入遺伝子をポジション効果から保護したという過去の報告と一致している。

### 【0030】

(ArsI と cHS4 インスレーターの抗サイレンシング能力の比較)

ArsI と cHS4 の抗サイレンシング能力を比較するために、モロニーマウス白血病ウイルス (moloney-murine leukemia virus : MoMLV) ベクターを使用し、インスレーター断片を 3' -U3 へ挿入した。RCV/A+ と RCV/A- は、ArsI をセンス方向とアンチセンス方向で含む MoMLV ベクターである。また、RCV/H+ と RCV/H- は、cHS4 インスレーターをセンス方向とアンチセンス方向で含む MoMLV ベクターである。なお、RCV/HG はインスレーターを含まない、MoMLV のコントロールベクターである。

### 【0031】

図 6 に、ArsI と cHS4 の抗サイレンシング能力の比較を示す。MoMLV ベクター (RCV) を HL-60 細胞に導入した。ArsI 又は cHS4 を含んでいる RCV を HL-60 に導入し、そして EGFP 発現を定期的にモニターした。図 6 はハイグロマイシンを除去して 14 週間後の EGFP 発現のヒストグラムであって、図 6 において、線 a は遺伝子導入なし、線 b はハイグロマイシン選択下で培養した細胞、黒塗りのヒストグラム c はハイグロマイシンなしで培養された細胞を示す。また、図 7 は EGFP 発現の経時変化を示す。

### 【0032】

ArsI と cHS4 の両者を 5' -U3 へコピーし、組み込んだ後もインタクトの状態に保った。インスレーターの有り無しにおいて RCV ベクターを HL-60 細胞に導入し、それらにおける EGFP の発現を追跡した。インスレーターなしのコントロールベクター (RCV/HG) (黒丸) からの EGFP の発現は、HIV 型のベク

ター（レンチウイルスベクター）よりやや速く、アッセイ期間中に消滅した（図4、図7）。RCV/A+（白三角）もまたサイレントであったが、一方、RCV/A-（黒四角）はサイレンシングから保護された（図7）。同様の方向依存性がcHS4 含有ベクター（RCV/H+, RCV/H-）においても観察され、cHS4 の抗サイレンシング能力はHL-60 細胞における ArsI と同等であった。

#### 【0033】

（HL-60 細胞におけるポジション効果に対する ARS インスレーターの効果）

次に、ポジション効果に対する ArsI の効果を試験した。インスレーターによって位置に依存しない発現が保証されることは、サイレンシングに対する保護において重要な役割を果たすかもしれないからである。HL-60 細胞を HR/cHG, HR/A+又は HR/A-によって形質転換し、ハイグロマイシン耐性細胞を選択し、次いで限界希釈によってクローニングした。各細胞プールから 10 クローンを選択し、EGFP 発現を試験した。図8は、遺伝子導入した HL-60 細胞のクローン解析の結果である。ハイグロマイシン耐性細胞プールの限界希釈によりクローンを選択し、ハイグロマイシン存在下で維持した。点は各クローンの平均蛍光強度を示す。変動係数（CV）をベクター名の下に示す。

#### 【0034】

HR/cHG クローンの平均蛍光強度（MFI）は 9.6 から 30.1 まで変化し、変動係数（CV）は 39.8 であった（図8）。驚いたことに、HR/A+と HR/A-のクローンは両者とも単一の発現を示した。HR/A+クローンは HR/A-よりもより単一的な発現を示し、それぞれの変動係数（CV）は 8.3 と 23.3 であった（図8）。これらの結果は、ArsI は、レンチウイルスベクターを、その方向に関わらずポジション効果から保護し、この活性はサイレンシング保護からは独立であることを示唆している。

#### 【0035】

本発明により、導入遺伝子と共に、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを導入することを特徴とする、導入遺伝子のサイレンシングを回避する方法が提供された。更に本発明により、導入遺伝子のサイレンシングを回避するために、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該導入遺伝子と共に導入することを特徴とする、遺伝子の導入方法が提供された。更に本発明により、ベクターのサイレンシングを回避するために、ウニ

アリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該ベクターに導入することを特徴とする、ベクターの作製方法が提供された。ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを有するウイルスベクターは、サイレンシングを回避することができるために、遺伝子治療において有用な新たな手段を与えるものである。

# SEQUENCE LISTING

<110> President of Kyoto University

<120> A method to protect silencing of a transgene

<130> U2002P299

<160> 1

<210> 1

<211> 575

<212> DNA

<213> Sea urchin arylsulfatase gene

<400> 1

```

gggagcagaa cccctgtaag ctacaggggtt tttaggcgtt taattacggt cagatgagca 60
atTTTTgata ccttaatttg ttgtgacact ggtagttaac tattcattct ttcttgctct 120
cttgctttct atttctcttt aaaatgcttt tccaaaagaa tggggggggg gggctggacg 180
ctccccgaacc cgcacgttcc gcggggccctg acatgtaagc atctcaagaa gcatatttct 240
tgcttggttg ttaatttaca aacgcataaa aaaaatataa ttactaaag aatgaggaaa 300
aatctcgga agttatgtaa tticagcatt atgtgtaaac caccgttatg gaataagaaa 360
taaaccacat ttcaatttat tcccccgag cccccctccc cgatcaatac gccagtgcgc 420
cgccccgccc gccctccgat ctacactttg ttggcgga aaatcgcaac tgatctcccc 480
tacctttctt ctttctcttt ccttgctct cctcttacc ttcccttcc ccaccttct 540
ccacaacttg ttggcgggat tactgcaaa ttatc

```

575

## 請 求 の 範 囲

1. 導入遺伝子と共に、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを導入することを特徴とする、導入遺伝子のサイレンシングを回避する方法。
2. ウイルスベクターを用いて遺伝子導入を行なうことを特徴とする、請求項1記載のサイレンシングを回避する方法。
3. 前記ウイルスベクターがレンチウイルスベクター又はレトロウイルスベクターである、請求項2記載のサイレンシングを回避する方法。
4. 前記ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターが、アンチセンスの方向で導入されている、請求項1ないし請求項3のいずれか一つの請求項記載のサイレンシングを回避する方法。
5. 導入遺伝子のサイレンシングを回避するために、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該導入遺伝子と共に導入することを特徴とする、遺伝子の導入方法。
6. ウイルスベクターを用いて遺伝子導入を行なうことを特徴とする、請求項5記載の遺伝子の導入方法。
7. 前記ウイルスベクターがレンチウイルスベクター又はレトロウイルスベクターである、請求項6記載の遺伝子の導入方法。
8. 前記ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターが、アンチセンスの方向で導入されている、請求項5ないし請求項7のいずれか一つの請求項記載の遺伝子の導入方法。
9. ベクターのサイレンシングを回避するために、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該ベクターに導入することを特徴とする、ベクターの作製方法。
10. 前記ベクターがウイルスベクターである、請求項9記載のベクターの作製方法。
11. 前記ベクターがレンチウイルスベクター又はレトロウイルスベクターである、請求項9又は請求項10記載のベクターの作製方法。
12. 前記ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターが、アンチセンスの方向で導入されている、請求項9ないし請求項11のいずれか一つの請求項記載のベクターの作製方法。
13. 導入遺伝子のサイレンシングを回避するために、当該導入遺伝子を導

入するためのベクター内にユニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを有することを特徴とする、ベクター。

14. 前記ベクターがウイルスベクターである、請求項13記載のベクター。

15. 前記ベクターがレンチウイルスベクター又はレトロウイルスベクターである、請求項13又は請求項14記載のベクター。

16. 前記ユニアリルスルファターゼ由来のインスレーターが、アンチセンスの方向で導入されている、請求項13ないし請求項15のいずれか一つの請求項記載のベクター。



## 要 約 書

ウイルスベクターの発現を安定化させるための新たな方法を提供することを目的として、導入遺伝子と共に、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを導入することを特徴とする導入遺伝子のサイレンシングを回避する方法が、本発明により提供された。更に本発明により、導入遺伝子のサイレンシングを回避するために、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該導入遺伝子と共に導入することを特徴とする、遺伝子の導入方法が提供された。更に本発明により、ベクターのサイレンシングを回避するために、ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを当該ベクターに導入することを特徴とする、ベクターの作製方法が提供された。ウニアリルスルファターゼ由来のインスレーターを有するウイルスベクターは、サイレンシングを回避することができるために、本発明は遺伝子治療において有用な新たな手段を与えるものである。